

la estructura resistente

J. MANTEROLA
Dr. ingeniero de caminos

sinopsis

En la estructura resistente, tomada como un todo, subyace una organización de elementos materiales, cuyo valor de posición viene condicionado tanto por las condiciones mecánicas de trabajo resistente que se establece entre ellas como por la posibilidad de manejar y colocar en su sitio el peso y volumen que determinan.

Esta partición, contenido mismo de lo estructural, nos remite, por un lado, a las condiciones variables en que se concretan las posibilidades energéticas de la humanidad, y por otro, sitúa la estructura enfrentada a las acciones exteriores en una serie de etapas intermedias que para ser resistidas va a ser construida, lo que le proporciona la operatividad que reside en todo proceso de crecimiento.

La integración del proceso constructivo y la teoría de lo resistente no agota la problemática del tipo estructural, quedan las características del material resistente.

La repercusión de estos tres factores en el costo está sujeta a la dinámica de su propio desarrollo, perdiendo o ganando operatividad según la época de que se trate y el objeto de la estructura.

Más aún, esta situación vertida sobre la dimensión resistente del objeto, somete su influencia a la variación de cada uno de los demás acompañantes estructurales. Ocurre, por tanto, que la génesis de una forma, que en una época determinada venía condicionada exclusivamente por su carácter resistente, en otra puede dejar de serlo. De aquí el carácter relativo de lo resistente en cuanto tal.

405-1

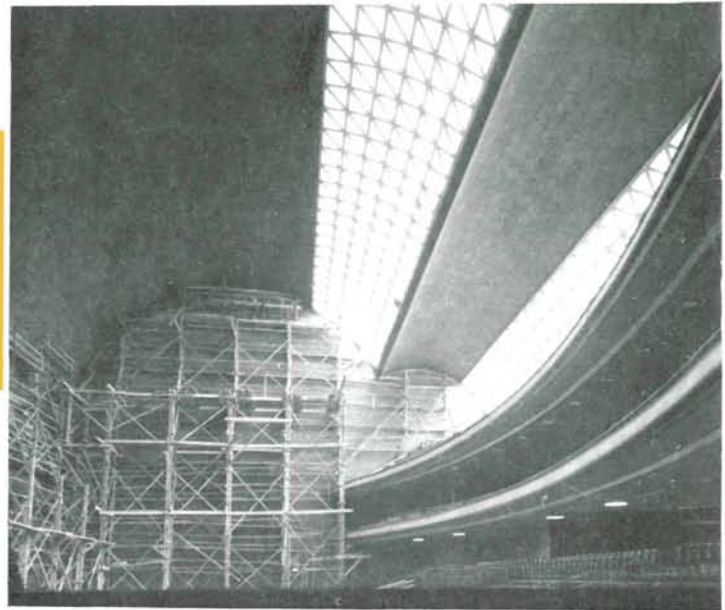
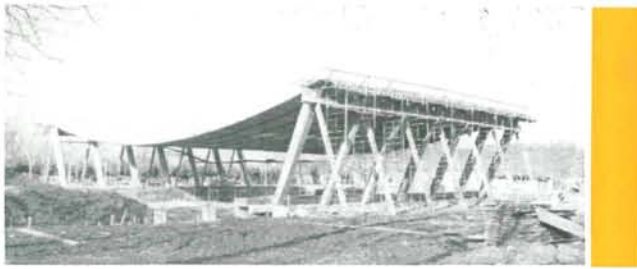
El mundo físico, en general, y el gravitatorio, en particular, constituyen el medio en donde se desarrollan las cosas que para existir deben materializarse previamente. Este medio actúa sobre ellas coaccionando su conformación y les proporciona una dimensión específica, llamada resistente, por medio de la cual son capaces de permanecer en dicho medio de una manera estable. Atiende al hecho de que cada una de las partes que constituyen el objeto está coaccionado por el medio a través de lo gravitatorio, lo eólico, lo térmico, etc., y que dichas acciones deben ser resistidas. La estructura resistente ordena el efecto de estas acciones correspondientes a la materialización de las funciones, confiriendo a sus partes un valor de posición en un conjunto organizado bajo la faceta de lo resistente.

El mundo físico, junto con las demás acciones propias de la génesis de todo objeto, actúa con carácter estructurador y le proporciona su dimensión resistente.

No queremos, en esta definición de lo resistente, salirnos del entorno de objetos cuyo examen ha hecho posible tal concretización de una de sus dimensiones específicas. Nos referimos exclusivamente a aquellos que generalmente se entienden por construcciones. Y esto por la sencilla razón de que aunque es posible, y no quiero entrar en ello, de que el mundo físico esté presente en la más profunda esencia de todos ellos, no aparece con evidencia cuando los afrontamos desde un punto de vista operativo, cuando nos enfrentamos con ellos para configurarlos y, sobre todo, porque se ha elegido a la cantidad de energía consumida, como sistema de referencia, para valorar la influencia conformadora de los distintos flujos estructurales del objeto.

Está claro que un puente, una silla, una escultura, necesitan soportar el conjunto de cargas que actúan sobre ellas. Sin embargo, la dimensión resistente en el caso del puente absorbe la mayor parte de la energía consumida en su consecución, lo que no pasa en la silla o en la escultura, y lo que es más, esa cantidad de energía es apreciablemente grande dentro del nivel de rendimiento energético propio de la época en que vivimos.

Estos dos conceptos, energía consumida y estructura resistente van a estar íntimamente ligados a lo largo de esta exposición. Buckminster Fuller dice: «al proyectar volvemos a disponer de otra forma las tramas de energía para nuestra propia ventaja y conveniencia».



Figs. 1 y 2. Tanto en el Frontón Recoletos como en el picadero del Club de Campo se utiliza la «forma» para que se produzcan, bajo el efecto de las cargas exteriores, sistemas de esfuerzos de compresión y tracción en el primero y únicamente de tracción en el segundo. Debido a la relación biunívoca que se establece entre cargas y esfuerzos a través de la forma, las posibilidades de resistir cargas variables queda reducida a la pequeña rigidez a flexión de la primera y al postensado de la segunda.

Foto: CASTELLANOS

Definido el concepto de lo resistente y fijado el límite de su aplicación por el sistema de referencia elegido, empezaremos por ver cómo se las arreglan las estructuras para resistir. Cuál es la manera en que se organiza el material cuando lo resistente constituye el principal carácter estructurador.

La disposición relativa en que se encuentran colocadas las partículas materiales que constituyen la estructura, crean unas determinadas condiciones de interconexión entre ellas, que al coaccionarse, bajo el efecto de las cargas exteriores, producen un único proceso de deformación y un único sistema de esfuerzos.

La relación única que se establece entre acciones por un lado y esfuerzos y deformaciones por otro, se recogen en la ecuación energética, que traduce a términos matemáticos, con finalidad de cuantificar, el mecanismo de resistencia.

Se nos presenta, por un lado, la forma o representación geométrica de las condiciones mecánicas de interconexión entre las partículas. Por otro, las acciones o concretización cuantitativa de los efectos del mundo físico. Resultado de esta confrontación son los esfuerzos que solicitan al material que constituye la estructura.

Esta simple exposición del mecanismo de resistencia pone de relieve: a) que la forma resistente es informada únicamente por las relaciones resistentes provocadas por la ordenación geométrica que se confiere a la materia; b) que el material que la constituye está solicitado de la manera que determina la forma.

Aparecen, por tanto, relaciones entre forma resistente, acciones y material cuya concatenación en un sistema organizado y de sentido es el primer paso del quehacer estructural. Estas relaciones son significativas únicamente cuando se establecen dentro de lo cuantitativo, por la sencilla razón de que los materiales tienen límites marcados de resistencia, más allá de los cuales se rompen.

La cuantificación expresada en trabajo desarrollado o energía consumida depende tanto de la cuantía de las acciones como de la distancia de traslación de su efecto. El coste es el sistema de referencia actual para valorarlo.

Las posibilidades que actualmente existen para resistir un efecto —cada vez más importante, conforme avanzan las exigencias funcionales de la sociedad— se pueden concretar en las siguientes:

1. Actuación sobre la forma de la estructura, con la disposición de los elementos materiales que la componen en un orden tal que produzcan un estado tensional admisible por el material elegido. Corresponde a lo que corrientemente se llaman mecanismos de resistencia y que ha dado lugar a toda la tipología estructural. En un extremo de dicha tipología nos encontramos con las estructuras que resisten por «forma». Aunque, como ya hemos dicho que el funcionamiento de toda estructura viene determinado por su forma, se llama resistir por «forma» a aquellas disposiciones en las cuales el estado tensional que solicita al material es únicamente de compresión o de tracción. Las bóvedas, las cúpulas, los paraboloides, las formas colgadas son ejemplo de esta manera de resistir. Tienen la ventaja de que utilizan la menor cantidad posible de material, pero tienen

también la gran desventaja de admitir muy pequeñas variaciones de la disposición de las cargas, con lo cual son especialmente adecuadas para la construcción de cubiertas donde la importancia del peso propio es mucho mayor que la de la sobrecarga móvil.

En el otro extremo de los mecanismos de resistencia nos encontramos con todos aquellos que utilizan la flexión. Es el caso de las losas y las vigas. Se caracterizan por admitir gran variabilidad en la disposición de las cargas, con lo cual son especialmente adecuadas para edificios y puentes y tienen como contrapartida que la cantidad de material a emplear es mucho mayor que en el caso anterior.

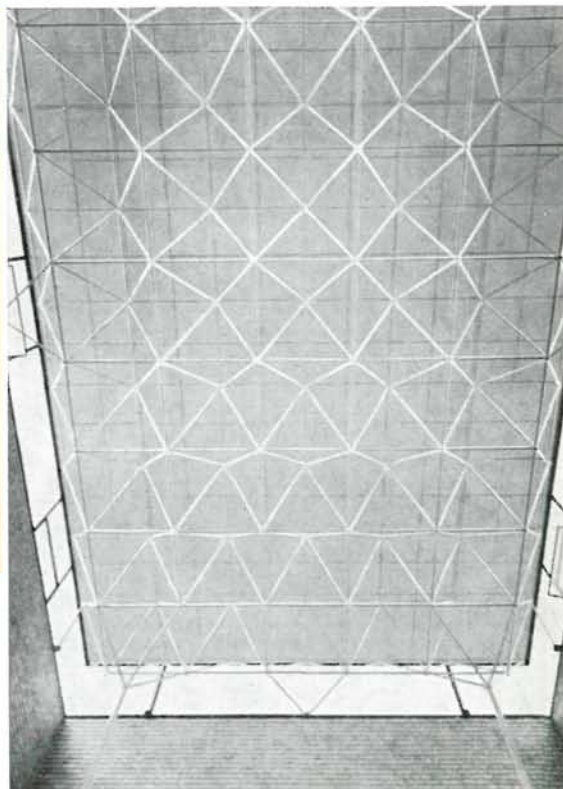
En la mitad se encuentran todas aquellas estructuras que utilizan un sistema mixto de resistencia, tanto por «forma» como por flexión, que se consigue dando canto a la forma. Se utiliza en todos aquellos casos en los cuales la importancia del peso propio es mayor que el de la sobrecarga. Es el caso de los puentes de grandes luces.

2." Actuación sobre la clase y cantidad de resistencia intrínseca del material.

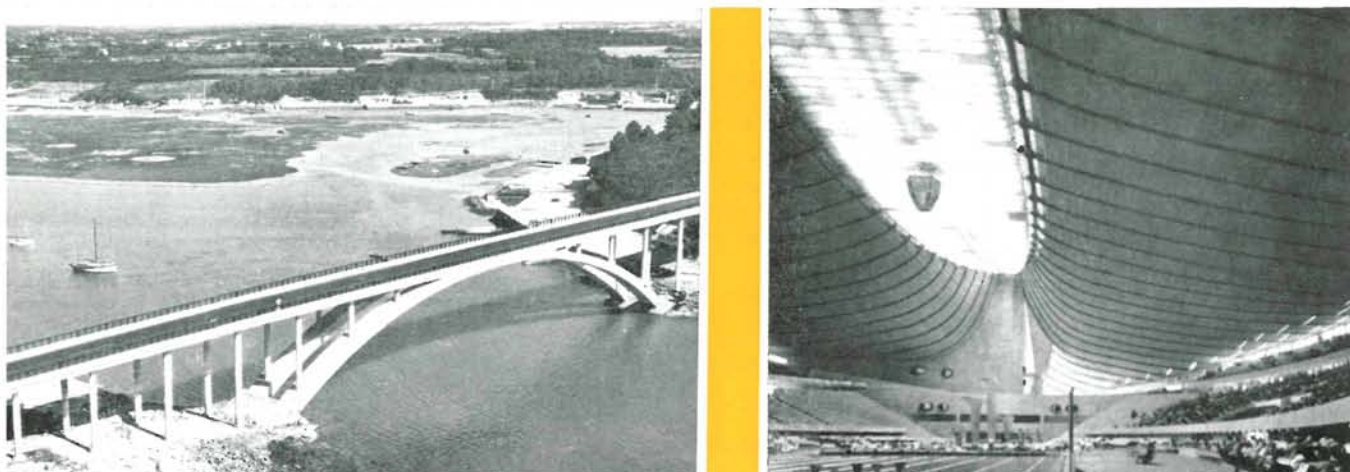
El material en sí presenta una característica intrínseca de una importancia enorme cuando se le mira bajo el prisma de lo resistente. Esta característica es la relación que establece entre su peso propio y su resistencia. El peso propio, hemos visto, constituye una parte muy importante en la carga total que actúa sobre la estructura y, por tanto, parte de su capacidad de resistir se consume en resistirse a sí mismo. Por consiguiente, la tónica establecida en su consecución se centra en conseguir materiales cada vez más resistentes y de menos peso, permitiendo así liberar una cada vez mayor proporción de su resistencia para hacer frente a las cargas exteriores para las cuales ha sido dispuesta la estructura.

Desde el punto de vista de la morfología estructural, la relación entre peso propio y resistencia del material prolonga, para aquellos en que esta relación es pequeña, el campo de aplicación de resistencia por flexión y disminuye el de la resistencia por «forma», pudiéndose decir, de una manera general, que la posibilidad de dar resistencia por «forma» es directamente proporcional a la relación entre carga permanente y sobrecarga e inversamente proporcional a la relación entre resistencia intrínseca y peso propio del material.

3." Por último, nos encontramos con una posibilidad nueva desde hace solamente cuarenta años, que no se había utilizado antes de una manera sistemática. Se trata de actuar sobre las acciones. Si éstas son la causa de las tensiones sobre el material, cualquiera que sea su disposición en la



Figs. 3 y 4. Los mecanismos de resistencia por flexión, como los representados de un disco de Torres Blancas y la cubierta de la iglesia de Colonia, no establecen otro límite a la variación de las cargas que el esfuerzo superior que se produce en cada sección. Son, por tanto, especialmente adecuados a aquellas estructuras cuyas cargas tienen gran posibilidad de variación. Tienen, además, una gran propiedad funcional: materializan el plano.



Figs. 5 y 6. Los mecanismos mixtos por «forma» y resistencia por flexión se utilizan preferentemente en las estructuras de gran envergadura con sobrecargas variables. El puente de Kerisper utiliza la compresión creada por la forma arqueada para compensar las tensiones de tracción de la carga no funicular a través de la inercia de la sección. En otros casos, como en la piscina de Tokio, Tsuboi utiliza la inercia de los perfiles laminados que la componen para salirse del hermetismo formal de la catenaria.

estructura, podemos nosotros añadir otras que, actuando de una manera permanente sobre ella, salgan al paso y de manera contraria al efecto de las cargas exteriores que la solicitan. Es el caso de las estructuras pretensadas.

Antes del pretensado las estructuras se encontraban en una fase pasiva, sufrían el efecto de las cargas y se limitaban a resistirlas. El pretensado las activa desde el principio.

Su posibilidad de aplicación es total, tanto en lo que se refiere a la morfología estructural como al tipo de material resistente empleado.

Si revisamos el efecto de las acciones sobre los mecanismos de resistencia dados por la tipología estructural, vemos que la resistencia por «forma» detenía su posibilidad de aplicación allí donde las disposiciones de carga eran variables. El pretensado introduce unas cargas permanentes que disminuyen la variación de las cargas exteriores y, por tanto, prolonga su límite de aplicabilidad. Es el caso, por ejemplo, de las cubiertas colgadas, en donde, por su escaso peso propio, el viento las pone en vibración. Una segunda familia de cables tensados, normales a los portantes, produce una carga adicional sobre éstos que contrarrestan al viento cuando succiona y deja de aplicar su carga cuando otra exterior actúa en la misma dirección.

En las estructuras laminares, el efecto de las cargas exteriores produce un estado de deformación tal que redundaba generalmente en fenómenos de inestabilidad, los cuales obligan ya a rigidizarlas, ya a engordarlas, con el consiguiente aumento de peso. El pretensado, al introducir un estado de cargas contrarias a las exteriores, produce también un estado de deformación contrario a aquél, con lo que aleja el peligro de inestabilidad y, por tanto, sus consecuencias.

El mismo efecto beneficioso causa el pretensado en el caso de mecanismos que resisten por flexión, ya que, además de actuar de fibra tendida (caso del hormigón pretensado), reduce la deformación y la fisuración —efectos de las cargas exteriores—, y permite conseguir vigas más esbeltas y, por ende, de menos peso propio.

Hasta aquí no hemos hecho sino resaltar una de las partes del quehacer estructural, aquella que reposa en los avances teóricos del fenómeno resistente. Esta teoría toma sustancia únicamente cuando se integra dentro de la realidad constructiva. Al construir, la teoría de lo resistente queda absorbida en una realidad mucho más universal, la cual decide sobre la conveniencia y adecuación de tal o cual solución, al relacionarla con la cantidad de energía consumida en su consecución que, como hemos visto, constituye el sistema de referencia elegido por la tecnología. De una situación intemporal pasamos a un «aquí» y a un «ahora».



Figs. 7, 8 y 9. Tres utilizaciones del pretensado: En el Hall de usos múltiples de Ludwigshafen se emplea la familia tensora para reducir la influencia de la sobrecarga variable sobre la portante. En la cubierta laminar de Oosterhout, el pretensado elimina las tracciones producidas por la carga, con lo que se reduce la deformación y aleja, por tanto, los peligros de pérdida de forma. En la viga representada, el pretensado introduce una carga ascensional contraria a la que solicita a la viga, y la comprime, lo que la posibilita para resistir con pérdida de deformación y eliminación de la fisuración. La viga pierde peso y gana esbeltez.

El proceso constructivo encuentra su razón de ser en que la situación de posibilidades energéticas en que nos encontramos obliga a construir las formas resistentes para conseguirlas. Quizás en otro tiempo, en el cual el nivel energético establecido por el hombre sea muy distinto al actual vigente, no sea necesario dividir en partes para conseguir las formas resistentes. Puede que se fundan en enormes bloques, como actualmente pasa con las carrocerías de los coches, puede, incluso, que la energía se utilice para contrarrestar el campo gravitatorio de una manera global, en lugar de hacerlo casa por casa. De cualquier forma desaparecerán las razones que hasta ahora han obligado al hombre a construir.

La estructura resistente amplía su problemática de la manera siguiente: A las condiciones de interrelación de las partículas del material que, como veíamos, determinan el mecanismo de respuesta de la estructura a las cargas exteriores que la solicitan, se añade la necesidad de su división en partes y, por consiguiente, a todas las consecuencias que esto lleva consigo. Dicho de otro modo, en la estructura resistente, tomada como un todo, subyace una organización de elementos materiales, cuyo valor de posición viene condicionado tanto por las condiciones mecánicas de trabajo resistente que se establecen entre ellas como por la posibilidad de manejar y colocar en su sitio el peso y volumen que determinan.

Esta partición es el contenido mismo de lo estructural. Nos remite, por un lado, a las condiciones variables en que se concretan las posibilidades energéticas de la humanidad hechas por la tecnología en los distintos sistemas económico-sociales —capitales y su rendimiento, tiempo transcurrido entre su planteamiento y entrada en servicio, especialización de la fuerza del trabajo, etc.—. Y por otro, sitúa la estructura resistente en una serie de períodos intermedios de construcción, en los cuales se encuentra enfrentada al campo gravitatorio, para hacer frente al cual ha sido decidida la estructura a la cual va a dar lugar y que, al no estar, necesita ya de cimbras o de procesos evolutivos de resistencia para sostenerse.

Se establece así todo un proceso de crecimiento, similar al que establece la naturaleza con sus criaturas, en donde la energía aportada lleva los cauces de la tecnología y sus situaciones intermedias llevan la dimensión resistente, tanto de lo que está siendo como de lo que va a ser.

El conocimiento científico del fenómeno resistente es informado o informa a su vez a los medios de puesta en obra.

Hoy en día es imposible hacer el más mínimo avance en la construcción si no se tiene en cuenta este planteamiento.

Veamos, someramente, la influencia de estos dos factores en la situación actual de la construcción.

La tecnología ha hecho explícito un método de utilización de la energía con el fin de obtener el máximo rendimiento. Este método es la industrialización, que presenta en la actualidad tres modalidades diferentes:

La primera corresponde a la racionalización de la construcción tradicional con la utilización de las modernas técnicas de organización y programación de las obras y ayuda en las operaciones de transporte y elevación de maquinaria en mayor o menor cuantía según la importancia de la obra. La segunda corresponde a la ejecución de los trabajos en fábrica. Prefabricación, ya pesada o ligera, cerrada o abierta, con la obtención de productos de un alto nivel de acabado que después se montan en obra. La primera correspondería a llevar el taller a la obra, y la segunda, la obra al taller. Existe finalmente otra intermedia entre las dos anteriores, en la cual se emplean gran cantidad de material prefabricado, como viguetas, cerchas, etc., que después se montan junto con materiales producidos en la obra misma.

La utilización de cada una de estas modalidades depende de múltiples circunstancias, siendo las más importantes el tipo y localización de la obra y las condiciones socio-económicas de la estructura social.

El material de construcción producido en fábrica presenta una característica específica respecto a la industrialización de otros productos, y es que el precio base del producto es extraordinariamente bajo en relación a su peso y tamaño, lo que trae como consecuencia que el transporte grave especialmente su coste. De aquí que la clasificación de obras en concentradas y dispersas influya de manera especial en la modalidad de industrialización que se emplee.

Las obras de ingeniería civil son más apropiadas al primer tipo de industrialización, y las de vivienda, al segundo.

Además, las condiciones socio-económicas de la estructura social influyen tanto como lo hacen sobre la dirección de la economía. La planificación centralizadora de la Europa del Este le ha llevado a la normalización de viviendas y, por tanto, a la producción de grandes series que posibilita la rentabilidad de los grandes gastos de instalación de factorías de prefabricación cerrada y pesada. Las economías occidentales han desarrollado mucho más la construcción por prefabricación abierta y el sistema mixto de prefabricación de unos elementos en taller y otros en obra, mucho más susceptible de singularidad para cada edificio.

Es muy posible que en épocas sucesivas ambas modalidades se aproximen, debido a las características comunes que van adquiriendo las economías desde el momento que va haciéndose cada vez más científica y, por consiguiente, universal.

El segundo factor de que hemos hablado corresponde a las situaciones resistentes intermedias en que se encuentra la estructura a lo largo del proceso constructivo, y destaca la influencia en la estructura final del camino obligado por el que ha de pasar. La historia resistente no empieza cuando la estructura estaba acabada, sino cuando empieza a construirse.

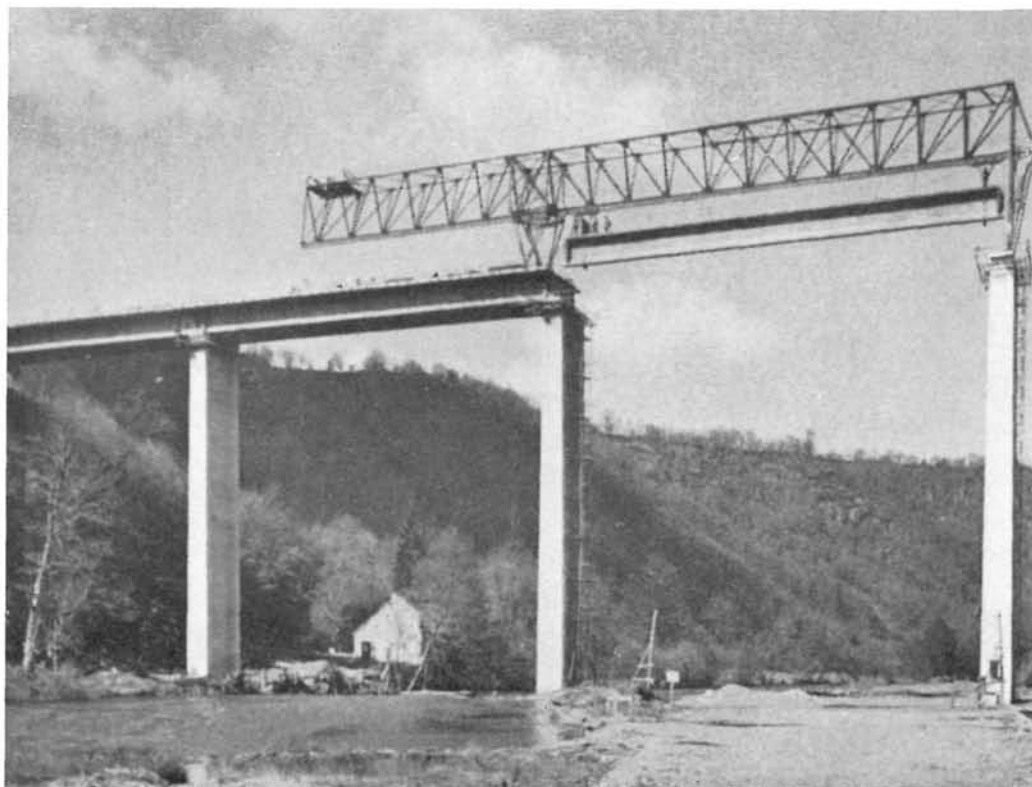
Este segundo factor no tiene sentido si lo sacamos de un momento económico determinado, ya que representa la respuesta del fenómeno resistente a las concreciones de unos medios y posibilidades constructivas. En su influencia sobre la forma final se ve la época y las posibilidades energéticas.

Esta influencia es mucho mayor en las obras de ingeniería civil que en las de vivienda, debido a que en aquéllas el fenómeno resistente, al ser mucho más importante, llega a alcanzar los límites de las posibilidades energéticas disponibles, cosa que no pasa en la vivienda. Este punto se aclarará más adelante.

Las estructuras podrían dividirse según que el estado tensional sobre sus partes, conforme va adelantando la construcción, puede ser resistido por ellas o no.

En el primer caso nos encontramos con todas aquellas que utilizan materiales resistentes en el momento de su colocación, ya sean metálicos o de hormigón prefabricado. Pertenecen a este grupo las estructuras obtenidas por yuxtaposición, con situaciones resistentes constantes o evolutivas. A las primeras corresponden los procedimientos que no utilizan la parte ya construida como apoyo de la que se va a construir. Es el caso de los forjados de viviendas, puentes formados por vigas paralelas, etc. En los procesos evolutivos cada elemento colocado participa de alguna manera en el apoyo y colocación del

Fig. 10. Lanzamiento de una viga prefabricada pretensada. Ejemplo de construcción por yuxtaposición de elementos resistentes en el momento de su colocación.



siguiente. Es el caso de las autocimbras, de los puentes construidos por voladizos sucesivos, el de las chimeneas o torres construidas con encofrados deslizantes o trepadores, o de las estructuras levantadas con gatos.

En el caso de que las estructuras no encuentren en sí mismas los mecanismos de resistencia que la autosostengan durante la construcción, necesitan de elementos exteriores a ellas mismas que introduzcan las acciones necesarias para conseguirlo. El procedimiento más simple lo constituye la cimbra apoyada sobre el suelo, que se sustituye por cimbras colgantes en el caso de que la altura de la construcción encarezca mucho aquélla. Pero si la cimbra introduce una serie de acciones sobre la estructura para restablecer el equilibrio, se puede ampliar el concepto a la aplicación de acciones conseguidas por otros procedimientos. Como ejemplo podemos indicar los atirantamientos provisionales desde torres que se emplean en la construcción de arcos, de puentes por volaciones sucesivas que avanzan desde una sola pila, etc.

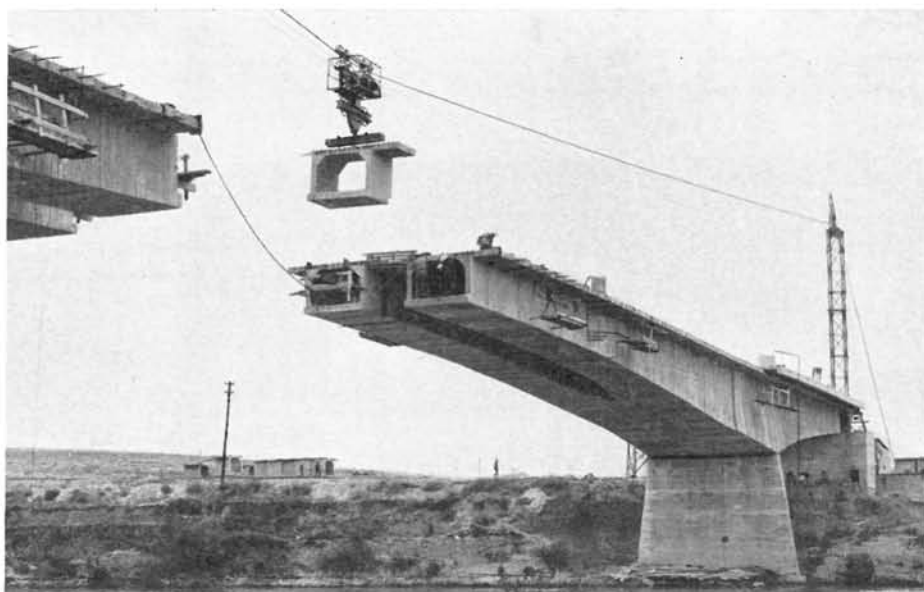


Foto: PANDO

Fig. 11. Colocación de una dovela en el puente de Castejón. Cada dovela se apoya en el voladizo ya construido y lo prolonga hasta la colocación de una nueva dovela. Es un ejemplo clarísimo de un proceso de crecimiento en que la estructura final está presente en cada una de las estructuras parciales por las que va pasando.

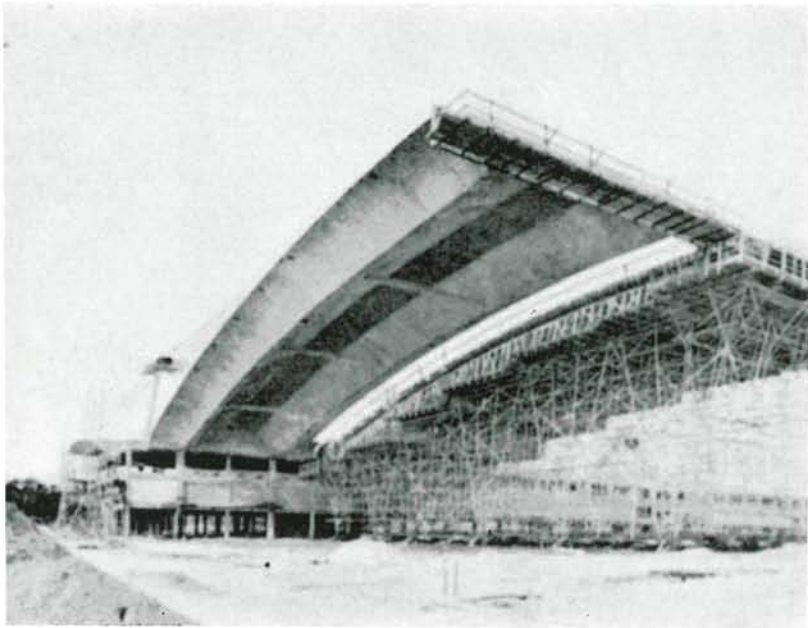


Fig. 12. Construcción con cimbra rodante de un hangar en el aeropuerto de Frankfurt-am-Main. La cimbra es especialmente adecuada para aquellos casos en los que por el tamaño de lo que se va a construir o por el número de repeticiones de dichos elementos la construcción prefabricada no resulta económica.

Hemos expuesto la situación en que se encuentra hoy en día la problemática de la estructura resistente. Puede resultar excesivamente objetiva y esquemática para todos aquellos que al afrontarla sientan que existen otras facetas, que por no ser fácilmente objetivables no pertenecen al ámbito de lo cuantificable y que, sin embargo, las encuentran operativas en su quehacer. Es cierto, pero esas otras facetas entran dentro de lo individual, ante lo cual no tengo nada que decir. Se han expuesto simplemente los cauces por donde debe discurrir lo personal para que su versión tenga sentido hoy en día.

Por otra parte, esta problemática se afirma como real, debido a que no es sino la particularización de una estructura subyacente mucho más amplia, a cuyo establecimiento ha contribuido la humanidad entera durante siglos, y que le ha servido para dar forma a su mundo y saber a qué atenerse respecto a él.

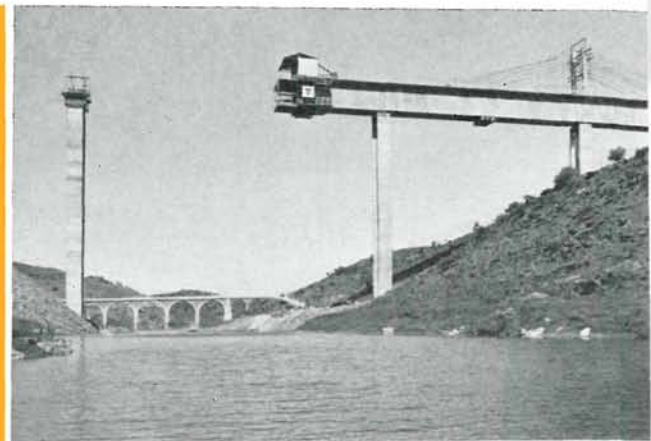
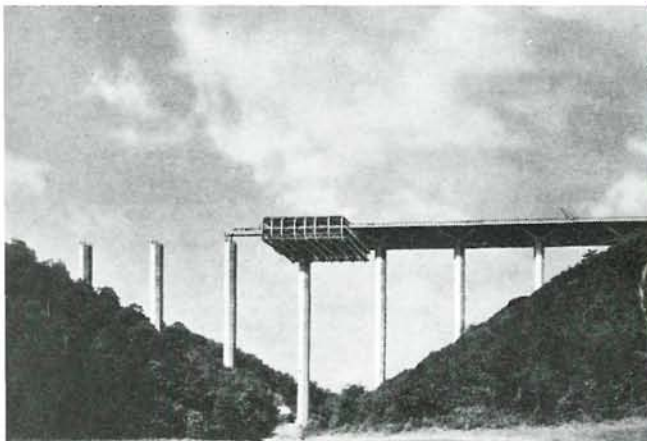
Reposa no sólo en la forma de conocimiento que entendemos como científico, sino también en la utilización metodológica de los recursos naturales.

El hombre, en su actividad tecnológica, se ha movido incitado por una doble faceta, la especulación sobre lo que las cosas son y la contrastación de lo imaginado con las cosas. Ante un árbol, por ejemplo, observa que por un lado resiste las acciones del viento sobre sus ramas y hojas; por otro, que arde bien. De esta burda síntesis, se queda con estos dos hechos que los separa del árbol mismo. El

Fig. 13. En el puente de Elztal la cimbra se hace autoportante. Desempeña el mismo papel en los elementos a flexión que el que efectúan los encofrados deslizantes o trepadores en los elementos de compresión.

Fig. 14. Atirantamiento provisional de un puente en el que los estados de sollicitación durante la construcción no coinciden con los de la situación definitiva de trabajo.

Fotos: CALDERA



concepto de lo resistente y el concepto de la materia que arde. Sobre las cosas mismas, establece una teoría de funciones, ajena a ellas, pero salida de ellas. Con este proceder puede establecer su definición clara y distinta, lo cual le permite introducirlas en el campo de lo cuantificable.

Puede ser que por este procedimiento no llegue a la realidad esencial de las cosas, tal como la podría buscar Aristóteles, por ejemplo. Pero ocurre que desde que Galileo dijo que la forma de acceder a la realidad del mundo físico se hacía por la cuantificación, la humanidad se dirigió por este camino, imponiendo al cosmos una cierta estructura cuantitativa que ha llegado a convertirse en una de las mayores realidades operativas. La cuantificación representa desde entonces la tierra donde hacer pie, para someter a una disciplina de contención la especulación propia de los quehaceres del hombre.

Este proceder ha configurado lo que llamamos conocimiento científico y ha servido de guía en el camino de la utilización de los recursos de la naturaleza. Sobre cualquier función a cumplir establece lo que le cuesta conseguirla y la utilidad que saca de ellas. Así, a lo largo del tiempo, ha establecido un nivel de rendimiento en el aprovechamiento energético que varía con las distintas épocas. Cualquier actividad que se desarrolle debe satisfacer este nivel establecido o incitar su progresión.

La situación actual tiene una conciencia clarísima de que éste es el juego en que está metida y, por tanto, ha extremado todo proceder que redunde en eficacia. Tiene claro también, que podría no haber sido así.

El rendimiento exigido en esta época es el más alto de todos los tiempos. Para conseguirlo debe definir sobre cualquier función a satisfacer el conjunto de acciones coaccionantes de su conformación, definir las clara y distintamente para poder operar sobre ellas con seguridad, planear la repercusión de su acción y controlar el conjunto de fuerzas de trabajo y de medios que debe disponer para su logro.

Necesita controlar un conjunto tal de variables como nunca lo hizo, lo que representa un cambio de actitud en las fuerzas de trabajo. Hasta ahora se había confiado en la aportación de un hombre genial, que controlando más o menos todas las fuentes de información diese la respuesta configuradora. La humanidad ya no puede correr el riesgo de encontrarlo o no encontrarlo. Utiliza para suplirlo lo que Galbraith llama inteligencia organizada, o formación de equipos de especialistas, cada uno informado en una sola dirección y cuyas inteligencias son canalizadas a través de la organización. Aparece la inventiva del grupo. ¿De quién es Concorde o el Mustang?

Esta configuración de la dinámica social es la que va configurando más y más todo el quehacer estructural, a la cual está unida para siempre.

En épocas en las que el coste del material resistente representa la casi totalidad del coste de la obra, por las circunstancias sociales que imperaban, difícilmente podía entrar en la concepción estructural otro género de motivaciones. Conforme la situación económico-social variaba el conjunto del coste del trabajo humano empezaba a volverse operativo.

Por otro lado, conforme las condiciones resistentes que se presentan son más duras debido a las exigencias crecientes de los servicios diversos del hombre y su economía, las fases intermedias del proceso constructivo influyen cada vez más en el costo total de la obra. El conocimiento científico presente de lo resistente permite resolver así cualquier problema, pero la economía de medios no le permite hacerlo de cualquier manera.

Consecuentemente, las variables que entran en la concepción estructural son mayores conforme va incrementándose el conocimiento de la posibilidad de cuantificar costos que en épocas anteriores eran o despreciables o ignorados. No sólo se tiene en cuenta la tipología estructural, sino que ya no tiene sentido proyectar sin encajarla en un proceso constructivo adecuado, computando en todas sus fases el costo de mano de obra, materiales y maquinaria. Todo avance estructural deberá hacerse en principio a partir de este doble presupuesto.

Pero aún hay más; nos vamos acercando a épocas en las que ya sólo esto no basta y sea necesario acudir a la confección misma del tipo de material que resulte más idóneo para el proceso constructivo y el tipo estructural en estudio.

Esta misma dinámica está produciendo además hechos realmente significativos.

Al principio decíamos que lo resistente constituye uno de entre los varios influjos estructurales del objeto. El procedimiento operativo que hemos descrito atiende a cada uno en particular, determinado el coste que su consecución representa en el caso, y sólo en el caso, de que sea capaz de establecer una definición clara y distinta de su función. De entre ellos determina cuál o cuáles repercuten más en el coste total y fija su atención preferentemente sobre ellos.

Ocurre que la proporción en que cada uno entra en el coste total varíe con el tiempo, debido ya a un conocimiento más preciso de la función que desempeña, ya al descubrimiento de nuevos materiales más eficaces, ya que la importancia que la sociedad da a esta función aumenta con respecto a las demás. El influjo estructurador de cada una de ellas varía y, por consiguiente, la fisonomía misma del objeto.

Esta situación vertida sobre la dimensión resistente del objeto, somete su influencia a la variación de cada uno de los demás acompañantes estructurales. Ocurre, por tanto, que la génesis de una forma, que en una época determinada venía condicionada exclusivamente por su carácter resistente, en otra puede dejar de serlo. De aquí el carácter relativo de lo resistente en cuanto a tal.

Esta situación va alcanzando en la época actual a las estructuras de la edificación. En la mayoría de las corrientes, la repercusión de la estructura resistente en el coste no pasa del 20 por 100. Su influencia pierde operatividad. De hecho, la mayoría de los estudios que se realizan sobre la industrialización de la vivienda no se dirigen exclusivamente hacia lo resistente, sino a la función conjunta de resistencia y cerramiento, por ejemplo. Los materiales que se buscan cumplen mejor esta doble función, la cual difiere de la lógica desde el punto exclusivo de lo resistente.

résumé • summary • zusammenfassung

La structure résistante

J. Manterola, Dr. ingénieur des Ponts et Chaussées

La structure résistante, prise comme un tout, implique une organisation d'éléments matériels, dont la valeur de position est conditionnée tant par les conditions mécaniques de travail résistant établi entre elles, que par la possibilité de manier et de mettre à sa place le poids et le volume qu'ils déterminent.

Cette division, contenu même de la structure, nous renvoie, d'une part, aux conditions variables où s'avèrent les possibilités énergétiques de l'humanité, et d'autre part, situe la structure face aux actions extérieures en une série d'étapes intermédiaires. Pour résister à ces actions, la structure nécessite des mécanismes de résistance évolutifs, ce qui facilite l'opérativité qui réside dans tout processus de croissance.

L'intégration du processus constructif et la théorie de la résistance n'épuise pas les controverses du type structural. Il reste encore les caractéristiques du matériau résistant.

La répercussion de ces trois facteurs sur le coût est sujette à la dynamique de son propre développement, perdant ou gagnant de l'opérativité selon l'objet de la structure et l'époque dans laquelle elle est exécutée.

Plus encore, cette situation, versée sur la dimension résistante de l'objet, soumet son influence à la variation de chacun des composants structuraux. Il arrive donc que la genèse d'une forme qui, dans une époque déterminée, était exclusivement conditionnée par son caractère résistant, peut, dans une autre, ne plus l'être. De là le caractère relatif de la résistance en tant que telle.

Loadbearing structures

J. Manterola, Dr. civil engineer

A structure, as a whole, consists of an organised set of material parts, whose structural significance depends both on their topological nature and on the external forces acting on them.

This duality, that is typical of a structure, is related on the one hand to the structural forms that man can construct, and on the other to progressive adaptation of the structural topology to the external forces acting on it.

The integrated study of the constructive process and of the theory of structures does not exhaust the problem of structures. The characteristics of the materials are still to be considered.

The effect of these three factors on the cost depends on the dynamic evolution of these factors themselves: their importance being greater or smaller according to the evolutionary stage that is considered and the purpose of the structure.

Furthermore, the structural significance of an object is influenced by the changes in the surrounding structural elements. Thus, a form, whose development might be determined strictly by structural motives at a given period, at another stage may no longer depend on structural factors. Hence structure is only a relative concept.

Die widerstandsfähige Struktur

J. Manterola, Dr. Bauingenieur

Der widerstandsfähigen Struktur, als Ganzes genommen, liegt eine Organisation von materiellen Elementen zugrunde, deren Lagewert sowohl durch die mechanischen Bedingungen der Widerstandsarbeit, die unter denselben erfolgt, wie auch durch die Möglichkeit, das von denselben bestimmte Gewicht und Volumen an der Einsatzstelle zu handhaben und einzuordnen, bedingt ist.

Diese Teilung, die den eigentlichen Inhalt der Struktur bildet, verweist uns einerseits auf die veränderlichen Bedingungen, in welchen die energetischen Möglichkeiten des Menschen ihren Niederschlag finden, und andererseits versetzt sie die den äusseren Einflüssen ausgesetzte Struktur in eine Reihe von Zwischenstadien, denen standzuhalten, sie gebaut wird, was ihr die Wirksamkeit verleiht, die jedem Wachstumsprozess eigen ist.

Die Integration des baulichen Prozesses und die Theorie der Widerstandsfähigkeit erschöpfen die Probleme des Strukturtyps nicht, es bleiben die Charakteristiken des widerstandsfähigen Materials.

Die Rückwirkung dieser drei Faktoren auf die Selbstkosten unterliegt der Dynamik ihrer eigenen Entwicklung, die je nach der Zeit, um die es sich handelt, und dem Zweck der Struktur Wirksamkeit verliert oder gewinnt.

Wenn man diese Situation auf die widerstandsfähige Dimension des Objektes überträgt, so ist ihr Einfluss den Änderungen einer jeden der übrigen baulichen Begleiterscheinungen unterworfen. Es ergibt sich also, dass die Entstehung einer Form, die in einer bestimmten Zeit ausschliesslich durch ihre Widerstandsfähigkeit bedingt war, dies in einer anderen nicht ist. Daher der relative Charakter der Widerstandsfähigkeit als solche.